

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number :

2003-262502

(43)Date of publication of application : 19.09.2003

(51)Int.Cl.

G01B 7/16

G01L 1/16

(21)Application number : 2002-109793

(71)Applicant : FUJIMOTO YUKIO
SHINTAKU EIJI

(22)Date of filing : 07.03.2002

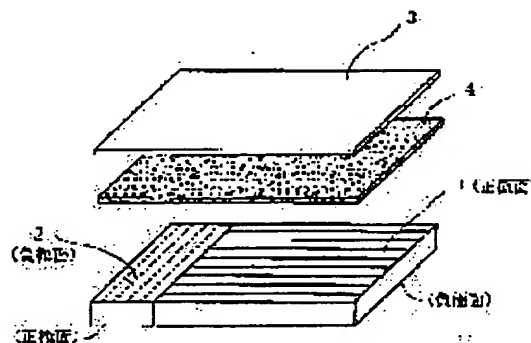
(72)Inventor : FUJIMOTO YUKIO
SHINTAKU EIJI
TANAKA YOSHIKAZU

(54) STRAIN SENSOR AND STRESS SENSOR USING ANISOTROPIC PIEZOELECTRIC

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a strain sensor and a stress sensor both of which can respectively measure strain components and stress components in a specific direction by bonding the sensors to an object to be measured and use anisotropic piezoelectrics.

SOLUTION: A first anisotropic piezoelectric and a second anisotropic piezoelectric are adjacently arranged in the same plane with the positive polarity surface of the first anisotropic piezoelectric and the negative polarity surface of the second anisotropic piezoelectric upside so that their anisotropic principal axes may intersect each other at right angles. Then an electrode composed of a conductive thin plate is bonded to the surface of at least one of the piezoelectrics so as to cover the whole surfaces of the two piezoelectrics. The piezoelectrics are used for both of the strain sensor which measures strains (vertical strains or shearing strains) generated in the surface of the object to be measured in a specific direction and the stress sensor which measures stresses (vertical stresses or shearing stresses) generated in the surface of the object in the specific direction.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-262502

(P2003-262502A)

(43) 公開日 平成15年9月19日 (2003.9.19)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テームト* (参考)

G 0 1 B 7/16

G 0 1 B 7/16

2 F 0 6 3

G 0 1 L 1/16

G 0 1 L 1/16

B

C

審査請求 未請求 請求項の数 7 書面 (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2002-109793 (P2002-109793)

(22) 出願日 平成14年3月7日 (2002.3.7)

(71) 出願人 500133934

藤本 由紀夫

広島県東広島市西条町下三永354-57

(71) 出願人 500133886

新宅 英司

広島県東広島市高屋高美が丘8-3-18

(72) 発明者 藤本 由紀夫

広島県東広島市西条町下三永354-57

(72) 発明者 新宅 英司

広島県東広島市高屋高美が丘8-3-18

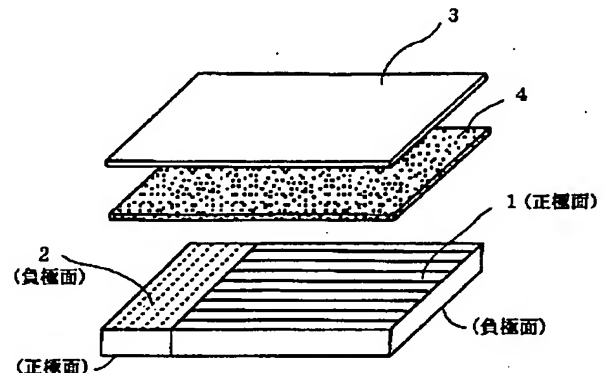
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 異方性圧電体を用いた歪センサと応力センサ

(57) 【要約】

【課題】被測定物に接着して、特定方向の歪成分又は特定方向の応力成分を測定することができる、異方性圧電体を用いた歪センサと応力センサを提供すること。

【解決手段】正極面を上面向けた第1の異方性圧電体と、負極面を上面向けた第2の異方性圧電体を、異方性主軸が直交するように同一平面に隣接配置し、第1及び第2の異方性圧電体の少なくとも片側表面に、前記2つの異方性圧電体の全表面を覆う形状に導電性薄板の電極を接着する。第1と第2の異方性圧電体の表面積 S_1 と S_2 の比を、測定する歪成分または応力成分によって適切に変化させることにより、被測定物表面の特定方向の歪（垂直歪又はせん断歪）測定用の歪センサと、特定方向の応力（垂直応力又はせん断応力）測定用の応力センサの両方に使用する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 被測定物に接着して歪を測定する異方性圧電体を用いた歪センサにおいて、正極面を上面向けた第1の異方性圧電体(1)と負極面を上面向けた第2の異方性圧電体(2)を、異方性主軸が直交するように同一平面に隣接配置し、前記第1及び前記第2の異方性圧電体の少なくとも片側表面に、前記第1及び前記第2の異方性圧電体の表面全体を覆う形状に導電性薄板の電極(3)を接着したことを特徴とする異方性圧電体を用いた歪センサ。

【請求項2】 前記導電性薄板の電極(3)の出力信号が、被測定物の特定方向の垂直歪に比例し、それと直角方向の垂直歪及びせん断歪に影響を受けないようにするために、前記第1の異方性圧電体(1)の表面積 S_1 と前記第2の異方性圧電体(2)の表面積 S_2 との比が式 $(S_1 \times b_2 - S_2 \times b_1) = 0$ 、但し b_1 と b_2 は異方性圧電体の特性によって決まる定数、から決められたことを特徴とする請求項1記載の異方性圧電体を用いた歪センサ。

【請求項3】 前記第1及び前記第2の異方性圧電体がともに、複数の異方性圧電体を積層してなる異方性圧電体であることを特徴とする請求項1又は2に記載の異方性圧電体を用いた歪センサ。

【請求項4】 被測定物に接着して応力を測定する異方性圧電体を用いた応力センサにおいて、正極面を上面向けた第1の異方性圧電体(1)と負極面を上面向けた第2の異方性圧電体(2)を、異方性主軸が直交するように同一平面に隣接配置し、前記第1及び前記第2の異方性圧電体の少なくとも片側表面に、前記第1及び前記第2の異方性圧電体の表面全体を覆う形状に導電性薄板の電極(3)を接着したことを特徴とする異方性圧電体を用いた応力センサ。

【請求項5】 請求項4において、前記導電性薄板の電極(3)の出力信号が、被測定物の特定方向の垂直応力に比例し、それと直角方向の垂直応力及びせん断応力に影響を受けないようにするために、前記第1の異方性圧電体(1)の表面積 S_1 と前記第2の異方性圧電体(2)の表面積 S_2 との比が式 $(S_1 \times a_2 - S_2 \times a_1) = 0$ 、但し a_1 と a_2 は定数 b_1 、 b_2 及び被測定物のヤング率 E とポアソン比 ν に関する定数で $a_1 = (b_1 - \nu \times b_2) / E$ 、 $a_2 = (b_2 - \nu \times b_1) / E$ 、から決められたことを特徴とする請求項4記載の異方性圧電体を用いた応力センサ。

【請求項6】 請求項4において、前記導電性薄板の電極(3)の出力信号が、被測定物の特定方向のせん断応力に比例し、直交する2方向垂直応力に影響を受けないようにするために、前記第1の異方性圧電体(1)の表面積 S_1 と前記第2の異方性圧電体(2)の表面積 S_2 とを等しくしたことを特徴とする請求項4記載の異方性圧電体を用いた応力センサ。

【請求項7】 前記第1及び前記第2の異方性圧電体がともに、複数の異方性圧電体を積層してなる異方性圧電体であることを特徴とする請求項4乃至6のいずれか1項に記載の異方性圧電体を用いた応力センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、機械、構造物、力学実験装置、非破壊検査装置、監視装置等において、被測定物の特定方向の垂直歪あるいはせん断歪を測定する異方性圧電体を用いた歪センサと、特定方向の垂直応力あるいはせん断応力を測定する異方性圧電体を用いた応力センサに関する。

【0002】

【従来の技術】圧電体は被測定物に接着して歪や応力の測定に利用することができる。歪ゲージと比較して衝撃や超音波に対する応答特性が優れていること、圧電体自身が歪又は応力に比例する電気信号を発生すること、高分子圧電体のように可撓性を有しセンサ形状を任意に作製できる圧電体があること等の長所を具えている。しかしながら、歪測定において圧電体は、被測定物表面の直交する2方向垂直歪の線形和に比例する出力信号を発生するので、歪ゲージのように特定方向の歪の大きさを単純には評価できないという問題があった。また、応力測定において圧電体は、被測定物表面の直交する2方向垂直応力の線形和に比例する出力信号を発生するので、特定方向の応力成分を求めるには複数の異方性圧電体を2方向又は3方向に向きを変えて接着する必要がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、例えば高分子圧電体P(VDF)のような、歪あるいは応力の作用方向によって異なる分極特性を示す異方性圧電体を用いて、被測定物の特定方向の歪成分(垂直歪又はせん断歪)を測定することができる歪センサ、及び特定方向の応力成分(垂直応力又はせん断応力)を測定することができる応力センサを提供することが課題である。

【0004】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、

【1】本発明の異方性圧電体を用いた歪センサは、正極面を上面向けた第1の異方性圧電体(1)と負極面を上面向けた第2の異方性圧電体(2)を、異方性主軸(歪に対して最大分極を生じる軸)が直交するように同一平面に隣接配置し、前記第1及び前記第2の異方性圧電体の少なくとも片側表面に、これら2つの異方性圧電体の表面全体を覆う形状に導電性薄板の電極(3)を接着したことを特徴とする。また、前記導電性薄板の電極の出力信号が被測定物表面の特定方向の垂直歪に比例し、それと直角方向の垂直歪及びせん断歪に影響を受けないように、第1の異方性圧電体(1)の表面積 S_1 と第2の異方性圧電体(2)の表面積 S_2 の比を決めたこ

とを特徴とする。さらに、前記歪センサからの出力信号を大きくするために、必要に応じて前記第1及び前記第2の異方性圧電体に、複数の異方性圧電体を積層してなる異方性圧電体を用いたことを特徴とする。

【0005】[2]本発明の異方性圧電体を用いた応力センサは、正極面を上面向けた第1の異方性圧電体(1)と負極面を上面向けた第2の異方性圧電体(2)を、異方性主軸が直交するように同一平面に隣接配置し、前記第1及び前記第2の異方性圧電体の少なくとも片側表面に、これら2つの異方性圧電体の表面全体を覆う形状に導電性薄板の電極(3)を接着したことを特徴とする。また、前記導電性薄板の電極の出力信号が、被測定物表面の特定方向の垂直応力に比例し、それと直角方向の垂直応力とせん断応力に影響を受けないように、第1の異方性圧電体(1)の表面積 S_1 と第2の異方性圧電体(2)の表面積 S_2 との比を決めたことを特徴とする。また、第1の異方性圧電体(1)の表面積 S_1 と第2の異方性圧電体(2)の表面積 S_2 とを等しくして、導電性薄板の電極(3)の表面電位が被測定物表面の特定方向のせん断応力に比例し、直交する2方向垂直応力に影響を受けないようにしたことを特徴とする。さらに、前記応力センサからの出力信号を大きくするために、必要に応じて前記第1及び前記第2の異方性圧電体に複数の異方性圧電体を積層してなる異方性圧電体を用いたことを特徴とする。

【0006】

【発明の実施の形態】以下に発明の実施の形態について図を用いて詳細に説明する。図1は本発明の一実施例に係わる異方性圧電体を用いた歪センサの構造を示す。正極面(引張り歪を加えたときに正電荷が生じる面)を上面向けた第1の異方性圧電体(1)と、負極面(引張り歪を加えたときに負電荷が生じる面)を上面向けた第2の異方性圧電体(2)を、異方性主軸(歪に対して最大分極を生じる軸)が直交するように同一平面に隣接配置する。図において、異方性圧電体表面の直線模様は異方性主軸の方向を表し、実線模様は正極面を破線模様

$$V = \frac{S_1}{S_1 + S_2} \times V_x + \frac{S_2}{S_1 + S_2} \times V_y$$

$$= \frac{(S_1 \times b_1 - S_2 \times b_2)}{S_1 + S_2} \times \epsilon_x + \frac{(S_1 \times b_2 - S_2 \times b_1)}{S_1 + S_2} \times \epsilon_y$$

ここで、数2の最終式右辺第2項の分子の $(S_1 \times b_2 - S_2 \times b_1)$ が零になるように S_1 と S_2 の比を決めると、数2の表面電位 V が ϵ_x に比例し ϵ_y に影響されないようにすることができる。すなわち、特定方向の垂直歪に比例した出力信号を発生する歪センサを提供できる。

【0009】図3は、非接触方式の表面電位計(41)の計測プローブ(42)を、異方性圧電体を用いた歪センサの導電性薄板の電極(3)に接近させて表面電位を測定する方法を示す。表面電位計の接地端子(45)は

は負極面を表す。次に、第1及び第2の異方性圧電体の上面に、2つの異方性圧電体全体を覆う形状に金属箔等の導電性薄板の電極(3)を接着剤(4)で接着する。歪測定においては、導電性薄板の電極(3)と反対側の異方性圧電体表面を被測定物に接着して使用する。

【0007】図2(a)は前記第1及び前記第2の異方性圧電体の配置を上面から見た図である。第1の異方性圧電体(1)の表面積を S_1 、第2の異方性圧電体(2)の表面積を S_2 とし、第1及び第2の異方性圧電体の異方性主軸方向にそれぞれ x 、 y 直交座標を取る。図2(a)において、第2の異方性圧電体の表面積が零($S_2=0$)であって、歪センサが第1の異方性圧電体のみから成る場合には、導電性薄板の電極には数1の V_x の表面電位が生じる。逆に、第1の異方性圧電体の表面積が零($S_1=0$)であって、歪センサが第2の異方性圧電体のみから成る場合には、導電性薄板の電極には数1の V_y の表面電位が生じる。

【数1】

$$V_x = b_1 \times \epsilon_x + b_2 \times \epsilon_y$$

$$V_y = -b_2 \times \epsilon_x - b_1 \times \epsilon_y$$

ここで ϵ_x 、 ϵ_y は、歪センサ接着位置の被測定物表面の x 、 y 方向の垂直歪、 b_1 と b_2 は異方性圧電体の特性によって決まる定数である。数1に示したように、異方性圧電体の表面電位は歪の作用方向によって変化する。また、第1及び第2の異方性圧電体が正極面と負極面を反転させて接着してあるので表面電位の符号も反転する。

【0008】図2(a)において、第1及び第2の異方性圧電体の表面積がそれぞれ S_1 、 S_2 である場合には、導電性薄板の電極の表面電位 V は、数1の V_x と V_y に、各異方性圧電体の表面積 S_1 、 S_2 が電極全表面積($S_1 + S_2$)に占める割合をそれぞれ乗じた和として数2で表せる。

【数2】

被測定物が導電性材料である場合には電気配線(44)で被測定物に接続する。被測定物が非導電性材料である場合には、まず被測定物表面に金属箔等の電極を接着し、その上に前記歪センサを接着して、表面電位計の接地端子(45)を前記金属箔等の電極に電気配線で接続する。

【0010】図4は異方性圧電体を用いた歪センサの別の歪測定方法を説明する図である。導電性薄板の電極(3)と導電性の被測定物にそれぞれ電気端子を取り付けて電気配線(44)で積分回路(43)に接続し、積

分回路からの出力電圧 V を測定する。被測定物が非導電性材料である場合には、まず被測定物表面に金属箔等の電極を接着し、その上に電気端子を取り付けて電気配線で積分回路に接続する。

【0011】図4において、第2の異方性圧電体(2)の表面積が零($S2=0$)であって、歪センサが第1の異方性圧電体(1)のみから成る場合には、積分回路(43)からの出力電圧は数3の V_x になる。逆に、第1の異方性圧電体(1)の表面積が零($S1=0$)であって、歪センサが第2の異方性圧電体(2)のみから成る場合には、積分回路からの出力電圧は数3の V_y になる。

【数3】

$$V_x = S1 \times k \times (b1 \times \varepsilon_x + b2 \times \varepsilon_y)$$

$$V_y = -S2 \times k \times (b2 \times \varepsilon_x + b1 \times \varepsilon_y)$$

$$\begin{aligned} V &= V_x + V_y \\ &= k \times (S1 \times b1 - S2 \times b2) \times \varepsilon_x + k \times (S1 \times b2 - S2 \times b1) \times \varepsilon_y \end{aligned}$$

ここで、数4の最終式右辺第2項の($S1 \times b2 - S2 \times b1$)が零になるように $S1$ と $S2$ の比を決めると、数4の出力電圧 V が ε_x に比例し ε_y に影響を受けないようにすることができる。

【0013】垂直歪測定のための歪センサの条件は数2と数4で共通しており、第1及び第2の異方性圧電体の表面積 $S1$ と $S2$ の比を、式($S1 \times b2 - S2 \times b1$)=0から決めるということに集約できる。

【0014】次に、本発明の異方性圧電体を用いた応力センサについて説明する。本発明の異方性圧電体を用いた応力センサと歪センサとの差異は、第1と第2の異方性圧電体の表面積 $S1$ 、 $S2$ の比の決定方法が異なる点のみであり、その構造は図1に示した歪センサと同じである。また、応力測定方法も図3の表面電位計を用いた測定と図4の積分回路を用いた測定の両方を適用することができる。

$$\begin{aligned} V &= \frac{S1}{S1+S2} \times V_x + \frac{S2}{S1+S2} \times V_y \\ &= \frac{(S1 \times a1 - S2 \times a2)}{S1+S2} \times \sigma_x + \frac{(S1 \times a2 - S2 \times a1)}{S1+S2} \times \sigma_y \end{aligned}$$

ここで、数6の最終式右辺第2項の分子($S1 \times a2 - S2 \times a1$)が零になるように $S1$ と $S2$ の比を決めると、表面電位が σ_x に比例し σ_y に影響を受けないようにすることができる。

【0017】次に、積分回路を用いた応力測定について説明する。数3に被測定物の応力-歪関係式を代入して、 ε_x 、 ε_y を σ_x 、 σ_y に書き換えると数7が得られる。

$$\begin{aligned} V &= V_x + V_y \\ &= k \times (S1 \times a1 - S2 \times a2) \times \sigma_x + k \times (S1 \times a2 - S2 \times a1) \times \sigma_y \end{aligned}$$

ここで k は係数である。この歪測定方法では、積分回路からの出力電圧は異方性圧電体の表面積に比例したものになる。なお、積分回路からの出力電圧が歪の作用方向に影響を受けること、及び異方性圧電体の正極面と負極面を反転させると出力電圧の符号が反転することは表面電位測定の場合と同じである。

【0012】図2(a)に示したように、第1と第2の異方性圧電体の表面積がそれぞれ $S1$ 、 $S2$ である場合には、積分回路からの出力電圧 V は数3の V_x と V_y との和として数4で表せる。

【数4】

【0015】まず、表面電位計を用いた応力測定について説明する。数1に被測定物の応力-歪関係式を代入して、 ε_x 、 ε_y を x 軸及び y 軸方向の応力垂直 σ_x 、 σ_y に書き換えると数5が得られる。

【数5】

$$V_x = a1 \times \sigma_x + a2 \times \sigma_y$$

$$V_y = -a1 \times \sigma_y - a2 \times \sigma_x$$

ここで、 $a1$ 、 $a2$ は異方性圧電体の特性に加えて被測定物のヤング率 E とポアソン比 ν に関係する定数で、 $a1 = (b1 - \nu \times b2) / E$ 、 $a2 = (b2 - \nu \times b1) / E$ の関係がある。

【0016】数5より、第1及び第2の異方性圧電体の表面積がそれぞれ $S1$ 、 $S2$ である応力センサの導電性薄板の電極の表面電位 V は数6で表せる。

【数6】

【数7】

$$V_x = S1 \times k \times (a1 \times \sigma_x + a2 \times \sigma_y)$$

$$V_y = -S2 \times k \times (a2 \times \sigma_x + a1 \times \sigma_y)$$

【0018】数7より、第1と第2の異方性圧電体の表面積がそれぞれ $S1$ 、 $S2$ である応力センサの積分回路からの出力電圧 V は数8で表せる。

【数8】

ここで、数8の最終式右辺第2項の $(S1 \times a2 - S2 \times a1)$ が零になるように $S1$ と $S2$ の比を決めると、積分回路からの出力電圧 V が σ_x に比例し σ_y に影響を受けないようにすることができる。

【0019】垂直応力測定のための応力センサの条件は数6と数8で共通しており、第1と第2の異方性圧電体の表面積 $S1$ と $S2$ の比を、式 $(S1 \times a2 - S2 \times a1) = 0$ から決めるということに集約できる。

【0020】図2(b)は本発明の一実施例に係わる、せん断応力 τ_{xy} 測定用の応力センサにおける異方性圧

$$V_{45} = \frac{(a1 + a2)}{2} \times (\sigma_x + \sigma_y) + (a1 - a2) \times \tau_{xy}$$

$$V_{-45} = -\frac{(a1 + a2)}{2} \times (\sigma_x + \sigma_y) + (a1 - a2) \times \tau_{xy}$$

【0021】図3の表面電位計を用いたせん断応力測定において、図2(b)の第1及び第2の異方性圧電体の面積が等しいせん断応力センサの導電性薄板の電極の表面電位 V は数10で表せる。

【数10】

$$V = \frac{1}{2} V_{45} + \frac{1}{2} V_{-45} = (a1 - a2) \times \tau_{xy}$$

前記せん断応力センサは、図4の積分回路を用いた応力測定においてもせん断応力が測定可能なことは容易に推察できる。なお、せん断応力センサは、そのままの形状でせん断歪センサとしても使用することができる。

【0022】図5(a)は異方性圧電体を用いた歪センサと応力センサの別の実施例を示す。正極面を上面向けたドーナツ形の第1の異方性圧電体(1)のドーナツ穴部に、負極面を上面向けた円形の第2の異方性圧電体(2)を、異方性主軸が第1の異方性圧電体と直交するように置いて、その上面に円形の導電性薄板の電極(3)を接着した歪センサ又は応力センサである。

【0023】図5(b)はドーナツ型の第1の異方性圧電体と円形の第2の異方性圧電体を、それぞれ複数積層して接着した歪センサ又は応力センサの実施例を示す。積層においては、異方性圧電体の極性が直列接続となるように重ね、さらに異方性主軸を同一方向に揃えて接着する。被測定物に同じ歪が作用した場合、図5(b)の導電性薄板の電極(3)の表面電位は、積層する異方性圧電体の枚数に比例して大きくなる。

【0024】異方性圧電体を用いた応力センサが作製可能なことを確かめるため、図6に示す軟鋼平滑試験片(板幅60mm、板厚10mm)に2枚の異方性圧電体(PVDF)を接着して垂直応力センサの実験を行った。第1のPVDF(1)は正極面を上面向けて異方性主軸(PVDFの伸延方向)が試験片幅方向と平行になるように接着した。第2のPVDF(2)は、負極面を上面向けて異方性主軸が試験片長さ方向と平行になるように接着した。接着には歪ゲージ用瞬間接着剤CC

電体の配置図である。第1の異方性圧電体(1)は正極面を上面向けて異方性主軸がx軸から反時計回りに45度の方向に接着する。第2の異方性圧電体(2)は負極面を上面向けて異方性主軸が第1の異方性圧電体(1)の異方性主軸と直交する向きに接着する。前記2つの異方性圧電体の表面積は同じとする($S1 = S2$)。異方性主軸をx軸に対して正負45度に傾斜して接着した第1と第2の異方性圧電体の表面電位は、それぞれ数9の V_{45} と V_{-45} になる。

【数9】

-33Aを用いた。次に、これらのPVDFの上面に導電性粘着材付の金属テープ(3)(長さ40mm、幅10mm)を粘着させた。その後、平滑試験片を油圧サーボ試験機に取り付けて試験片長さ方向に完全両振り軸荷重を繰り返し負荷した。試験中、前記金属テープ(3)の位置を少しずつ移動させて、第1及び第2のPVDFに被さる金属テープ面積 $S1$ と $S2$ の割合を変化させて、表面電位計で前記金属テープ(3)の表面電位を測定した。

【0025】図7は、金属テープ(3)が第1のPVDFに被さる面積 $S1$ と金属テープ全表面積($S1 + S2$)との比 $S1 / (S1 + S2)$ を横軸にとり、測定した表面電位範囲 V (振幅の2倍)を縦軸にとって示す。図より表面電位範囲 V と $S1 / (S1 + S2)$ の関係は数6の直線関係にあり、荷重振幅が大きくなると表面電位も比例して増加している。また、いずれの荷重振幅においても、 $S1 / (S1 + S2)$ が約0.77で表面電位が零となっている。これは $S1 / (S1 + S2) = 0.77$ の場合に、応力センサの表面電位が平滑試験片の荷重振幅に影響されなくなることを表している。つまり、 $S1 / (S1 + S2) = 0.77$ の状態では平滑試験片の幅方向応力(単軸応力状態にあるので応力振幅は零)を測定する応力センサになっている。

【0026】図8は前記平滑試験片に負荷した正弦波及び三角波の荷重履歴と、 $S1 / (S1 + S2) = 0.77$ である試験片幅方向応力を測定する応力センサAの表面電位履歴を示す。また、金属テープ(3)の位置を移動させて金属テープが第2のPVDFに被さる面積 $S2$ を大きくして、 $S2 / (S1 + S2) = 0.77$ である試験片長さ方向応力を測定する応力センサBの表面電位履歴(表面電位の正負を反転させて表示)を示す。図において、応力センサAの表面電位は荷重履歴によらずほぼ零になっているが、応力センサBでは荷重履歴に比例した表面電位が測定できることがわかる。

【0027】

【発明の効果】本発明の異方性圧電体を用いた歪センサ

と応力センサは、第1の異方性圧電体と第2の異方性圧電体の表面積の比を変化させることで、特定方向の垂直歪、せん断歪、垂直応力又はせん断応力の測定のいずれにも使用することができる。また、複数の異方性圧電体を積層すると出力信号を増幅することができる。本発明の異方性圧電体を用いた歪センサと応力センサは、歪感知や応力感知に対して明瞭な指向性を示すので、被測定物に衝撃、振動あるいは弾性波が作用したときの信号の発信方向を探索するセンサとして用いることもできる。また、異方性圧電体として透明なPVD Fを用い、導電性薄板の電極にも導電性高分子材料の透明フィルムを用いると、窓ガラス等に接着しても外観にほとんど影響しない歪センサや応力センサを提供することができる。また、第1と第2の異方性圧電体とともに細長いテープ状に作製し、細長い導電性薄板の電極を接着したテープ状の応力センサを作製すると、被測定物に巻きつけて特定方向の荷重を測定する荷重センサとして利用することもできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】異方性圧電体を用いた歪センサと応力センサの一実施例を示した図である。

【図2】異方性圧電体の配置の実施例を示した図である。

【図3】表面電位計を用いて歪測定又は応力測定を行う方法を示した図である。

【図4】異方性圧電体の両側表面の電極に電気端子を取り付け、電気配線で積分回路に接続して歪測定又は応力測定を行う方法を示した図である。

【図5】異方性圧電体を用いた歪センサと応力センサの別の実施例を示した図である。

【図6】2枚のPVD Fを平滑試験片に接着して繰り返し荷重を負荷し、金属テープをPVD Fの上面で移動させて表面電位を測定する実験を説明した図である。

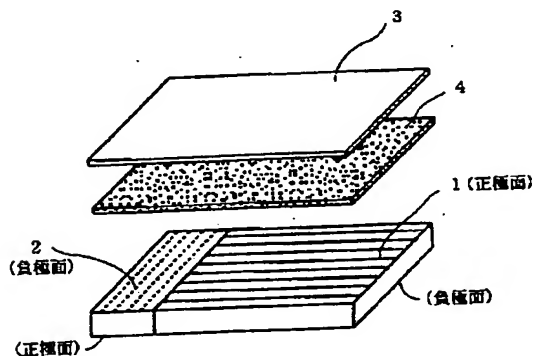
【図7】表面電位の測定結果を説明した図である。

【図8】PVD Fを用いた応力センサの表面電位と荷重履歴を比較した図である。

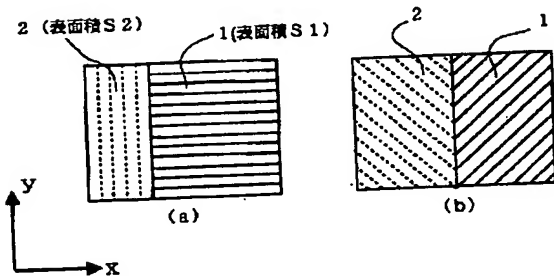
【符号の説明】

- 1 第1の異方性圧電体
- 2 第2の異方性圧電体
- 3 導電性薄板の電極
- 4 接着剤
- 41 表面電位計
- 42 計測プローブ
- 43 積分回路
- 44 電気配線
- 45 接地端子

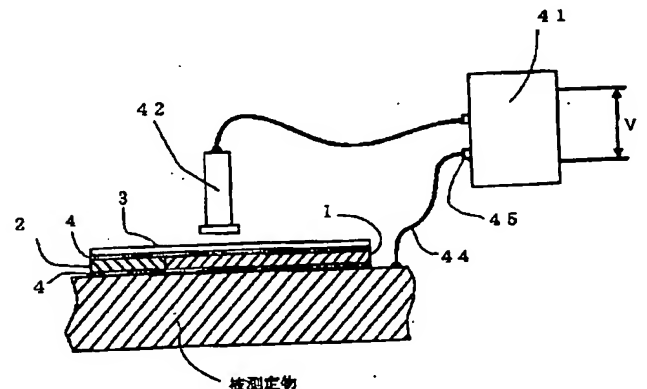
【図1】



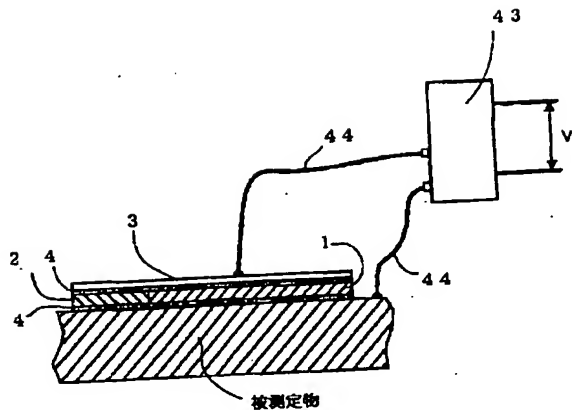
【図2】



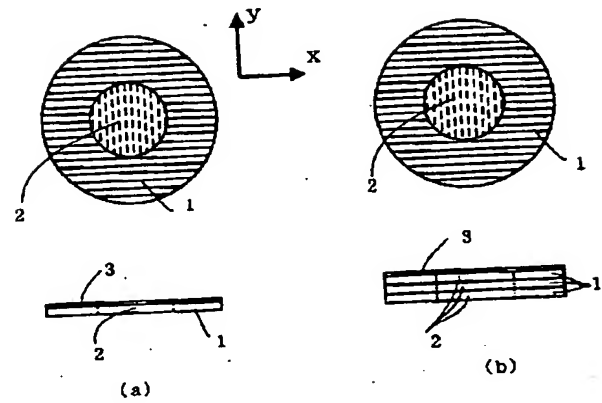
【図3】



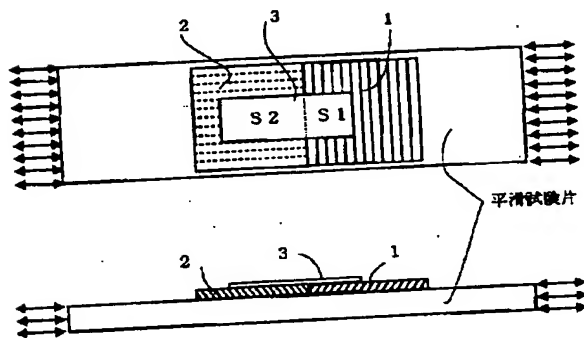
【図4】



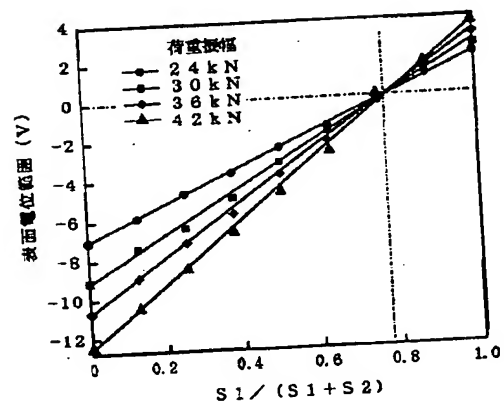
【図5】



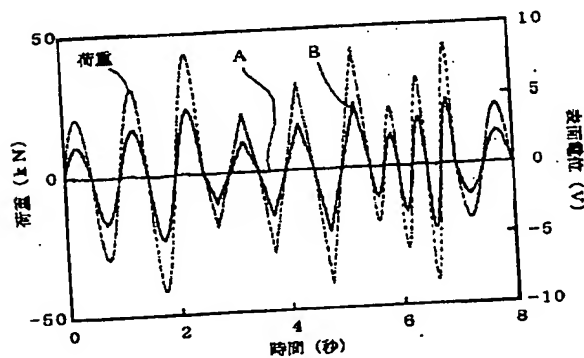
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 田中 義和
広島県東広島市西条中央6-31-1 エスベ
ランテ303号

Fターム(参考) 2F063 AA25 DA02 DA05 DD01 EC03
EC07 EC20 EC24 LA13 LA22
LA23 LA24 LA25